

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-335759

(43) 公開日 平成7年(1995)12月22日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/768
21/28識別記号 庁内整理番号
3 0 1 R

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/ 90

D

審査請求 未請求 請求項の数21 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-168329
(22) 出願日 平成7年(1995)6月9日
(31) 優先権主張番号 94P13121
(32) 優先日 1994年6月10日
(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

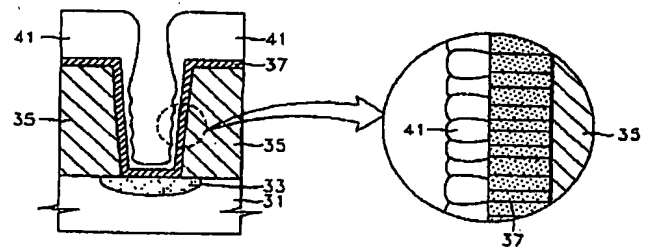
(71) 出願人 390019839
三星電子株式会社
大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416
(72) 発明者 李 相忍
大韓民国京畿道水原市八達区梅灘2洞197
番地 東南ビル 9棟101号
(72) 発明者 河 善鎬
大韓民国ソウル特別市恩平區礪▲はん▼洞
109-26番地
(74) 代理人 弁理士 八田 幹雄

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその形成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 滑らかな拡散防止膜の側壁に形成される金属層、すなわちアルミニウム層がアルミニウム原子の初期蒸着特性の良さにより、アルミニウム膜の段差塗布性が良好であり、均一で連続的な膜に蒸着される、コンタクトホールやファイアホールのような開口部を埋没する半導体装置の配線構造およびその形成方法を提供する。

【構成】 半導体基板31と、前記半導体基板上に形成され、その内部に形成された開口部を含む絶縁層35と、前記開口部の両側壁にプラズマ印加により形成された平滑な表面を有する拡散防止膜37と、前記拡散防止膜上に形成されている金属層41とを含む。



【特許請求の範囲】**【請求項1】** 半導体基板と、

前記半導体基板上に形成され、その内部に形成された開口部を含む絶縁層と、
前記開口部の両側壁にプラズマ印加により形成された平滑な表面を有する拡散防止膜と、
前記拡散防止膜上に形成されている金属層と、
を具備することを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記拡散防止膜は、高融点金属または高融点金属化合物からなることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 前記高融点金属はTiであり、高融点金属化合物はTiNであることを特徴とする請求項2に記載の半導体装置。

【請求項4】 前記開口部は、前記半導体基板の不純物拡散領域を露出するコンタクトホールまたは前記半導体基板上に形成された下部導電層を露出するファイアホールであることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項5】 前記金属層は、AlまたはAl合金であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項6】 半導体基板と、
前記半導体基板上に形成され、その内部に形成された開口部を含む絶縁層と、
前記開口部の両側壁にプラズマ印加により形成された平滑な表面を有する拡散防止膜と、
前記拡散防止膜の形成されている前記開口部上に埋め込まれた金属層と、を具備することを特徴とする半導体装置。

【請求項7】 半導体基板上に絶縁層を形成する段階と、
前記絶縁層に開口部を形成する段階と、
前記絶縁層、前記開口部を通じて露出された基板および前記開口部の側壁に拡散防止膜を形成する段階と、
前記開口部の両側壁に形成された拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階と、
前記プラズマ印加された拡散防止膜上に金属層を形成する段階と、を具備することを特徴とする半導体装置の形成方法。

【請求項8】 前記プラズマは、不活性ガスを利用したECRプラズマ、RFプラズマまたはMEプラズマ装置を利用して形成することを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項9】 前記不活性ガスに水素を添加してプラズマ処理効果を増大させることを特徴とする請求項8に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項10】 前記金属層をCVD方法で形成することを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項11】 前記拡散防止膜を形成する段階後に熱

処理する段階をさらに具備することを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項12】 前記金属層を形成する段階後に熱処理して前記開口部を埋めさせる段階をさらに具備することを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項13】 前記開口部を埋めさせる段階後に第2の金属層をさらに形成することを特徴とする請求項12に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項14】 前記金属層を第1の温度で1次蒸着した後、第2の温度で2次蒸着させることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項15】 前記第1の温度は前記第2の温度より低いことを特徴とする請求項14に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項16】 半導体基板上に絶縁層を形成する段階と、
前記絶縁層に開口部を形成する段階と、
前記絶縁層、前記開口部を通じて露出された基板および前記開口部の側壁に第1拡散防止膜を形成する段階と、
前記開口部の両側壁に形成された第1拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階と、
前記プラズマ印加された第1拡散防止膜上に第2拡散防止膜を形成する段階と、
前記第2拡散防止膜の形成された基板の全面に金属層を形成する段階と、
前記金属層を熱処理して前記開口部を埋没する段階と、
を具備することを特徴とする半導体装置の形成方法。

【請求項17】 前記第2拡散防止膜を形成する段階後に連続して真空を破らず前記金属層を形成することを特徴とする請求項16に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項18】 前記金属層を形成する段階後に第2の金属層をさらに形成することを特徴とする請求項16に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項19】 前記第2拡散防止膜を形成する段階後に熱処理する段階をさらに具備することを特徴とする請求項16に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項20】 前記第1拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階後に熱処理する段階をさらに具備することを特徴とする請求項16に記載の半導体装置の形成方法。

【請求項21】 半導体基板上に絶縁層を形成する段階と、
前記絶縁層に開口部を形成する段階と、
前記絶縁層、前記開口部を通じて露出された基板および前記開口部の側壁に第1拡散防止膜を形成する段階と、
前記開口部の両側壁に形成された第1拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階と、
前記プラズマ印加された第1拡散防止膜上に第2拡散防止膜を形成する段階と、
前記第2拡散防止膜の形成された基板の全面に高温スパ

ツタリングして前記開口部を埋没する段階と、
を具備することを特徴とする半導体装置の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体装置およびその形成方法に係り、特にコンタクトホールやブライアホールなどのような開口部を埋没する半導体装置およびその形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の配線方法は半導体装置の速度、収率および信頼性を決める要因となるために、半導体製造構造中で最も重要な位置を占めている。従来の集積度の低い半導体装置において、金属の段差塗布性は大きく問題にならなかった。ところが、最近半導体装置の高集積化に応じて接触口の直径はハーフミクロン程度に非常に小さくなり、半導体基板に形成された不純物注入領域は一層薄くなった。したがって、従来のアルミニウムを利用して配線を形成する方法は、 $1\mu\text{m}$ 以下の接触口が埋め立てにくく、ボイドが形成され金属配線層の信頼性を低下させるために改善する必要がある。

【0003】半導体初期段階では純粋アルミニウムを使用して金属配線層を形成したが、アルミニウム層はシンタリング段階で温度が上がるにつれてシリコン基板からシリコン原子を吸収して接合スパイクを発生するために、アルミニウムをシリコンで過飽和させた $\text{Al}-1\%\text{Si}$ が金属配線層の材料として広く用いられてきた。

【0004】しかしながら、このような $\text{Al}-1\%\text{Si}$ を使用して半導体装置の配線を形成する場合、約 450°C 以上の温度で熱処理する時に Al 膜中のシリコンが析出され Si 残渣を形成し、接触口ではシリコン粒子固相エピタキシャル成長を通じて Si - Ni ジュエルが形成され配線の抵抗や接触抵抗を増加させる。金属配線層とシリコン基板間の前記のような反応による Al - Si スパイクや Si 残渣また Si - Ni ジュエルの形成を防止するために、配線層とシリコン基板または絶縁層の間に拡散防止膜を形成するのが公知されている。例えば、米国特許第4,897,709号(横山等)では拡散防止膜として窒化チタン膜を接触口の内壁に形成する方法が記載されている。また、日本国特許公開公報第61-183942号では障壁層として高融点金属膜(Ti)と窒化チタン膜(TiN)からなる二重膜を形成し熱処理して、半導体基板と接続する接触口の底部で Ti 層は半導体基板と反応して熱的に安定した化合物で構成された高融点金属シリサイド層を形成することにより、障壁効果を向上させるのが開示されている。通常、このような拡散防止膜は窒素雰囲気中でアニーリングする工程を行う。拡散防止膜をアニーリングしない場合は 450°C 以上の温度でアルミニウムやアルミニウム合金をスパッタリングするとか、以後にシンタリングする場合に接合スパイク現象が発生して望ましくない。前記拡散防止膜として

通常窒化チタン(TiN)膜や TiW (N)膜が用いられている。前記 TiN 膜や TiW (または TiWN 膜)などは薄膜形成時にアルミニウムやシリコンの拡散を完璧に防止することのできない微細組織上の欠陥や粒子境界が存する。

【0005】また、J. B. スチメルとB. N. メロトラは“酸素スタッフィング”方法によって粒子境界での拡散経路を遮断させる方法を提案した(参照文献:“Effects of Oxygen on Reactively Sputtered TiN Film” by J. B. Stimmel and B. N. Mehrotra, in Tungsten and Other Refractory Metals for VLSI Application II I., V.A. Wells. ed, pp.375~382, Materials Research Society, 1988)。一般に、 TiN を蒸着した後に大気に露出させると、大気中の酸素により少量の酸素が混入され拡散障壁効果が高まる。これをスタッフィング効果という。スチメルとメロトラはかれらの論文で酸素は粒子境界だけでなく障壁金属の表面で“酸化物の形態に存在する”と教示しており、スタッフィング効果を例示していることが判る。

【0006】ところが、 Ti または TiN を蒸着して障壁層を形成した後、大気に露出させたり、酸素を混入させ TiN を蒸着したり、酸素の混入された窒素雰囲気中でアニーリングする場合に接触抵抗が増加することができる。したがって、大気露出時間、蒸着時の酸素混入量、アニーリング時の酸素混入量および温度などの条件に応じて TiN 膜の障壁特性が変化する。障壁金属のアニーリングは $450\sim 550^\circ\text{C}$ の温度で N_2 雰囲気中で30~60分間行うのが最適であると知られている。

【0007】しかしながら、拡散防止膜をアニールさせる時に誘導される酸素スタッフィング効果は拡散防止膜の表面の酸化をもたらして、後続の工程でアルミニウムを使用して接触口を埋めしようとする時に接触性などの問題を発生して半導体装置の信頼性に阻害要因として作用する。このような阻害要因を抑制するために、金属膜の湿潤性を向上させる湿潤層の挿入およびシリル化層の形成と水素化処理後に接触口を埋没させる方法などが提案されたことがある。

【0008】また、ヒガタマサフミは障壁金属とアルミニウム配線との湿潤性を向上させ、配線の質と収率を向上させるために、障壁層である TiN 層を熱処理した後、 Si や O_2 をイオン注入する方法を提示した(日本国特許公開公報第88-176035号)ことがあり、ヒロシ等($\text{VMIC}170\sim 176$, 1991)はアルミニウムスパッタ前に Ti を蒸着した後、連続して高温アルミニウムを蒸着して $0.5\mu\text{m}$ 、アスペクト比1.6のブライアホールを埋め立てたが、 Ti が薄い場合は埋め立て効果が少なくなると発表した。

【0009】しかしながら、接触口が $0.5\mu\text{m}$ 以下に小さくなるにつれて従来の技術では接触口が完全に埋没されなくなり、接触口内に空いたボイドを作って信頼性

が低下することもできる。

【0010】図1～図3は従来の開口部（コンタクトホール）埋没配線構造を示す断面図である。

【0011】先ず、図1～図3を参照して従来のコンタクトホール埋没配線構造を説明することにする。

【0012】半導体基板2上にソース／ドレイン領域となる不純物拡散領域4が形成されており、前記結果物上に不純物拡散領域4の表面一部を露出させるコンタクトホール（開口部）6を有する絶縁層8が形成されている。ここで、MOS構造においてゲート電極構造については説明の便宜上示されていない。前記コンタクトホール6の側面、コンタクトホール6によって露出された前記不純物拡散領域4および前記絶縁層8上にオーミックコンタクト層であるTi層（図示せず）と拡散防止膜であるTiN層10が順に形成されている。そして、前記TiN層10上にはコンタクトホールを埋没しながらAl層12が形成されている。

【0013】一方、前記従来のコンタクト埋没配線構造は次のように製造する。

【0014】先ず、半導体基板2上に通常のLOCOS（Local Oxidation of Silicon）方法によってフィールド酸化膜（図示せず）を形成した後、前記フィールド酸化膜の間の半導体基板2に不純物を注入してソース／ドレイン領域を形成するための不純物拡散領域4を形成する。

【0015】次に、前記結果物上に通常のCVD（Chemical Vapor Deposition）法によって酸化シリコンSiO₂のような絶縁物質を蒸着して絶縁層8を形成する。次いで、前記絶縁層8上にコンタクトホール6の形成のためのフォトレジストパターン（図示せず）を形成し、前記フォトレジストパターンを蝕刻マスクとして前記不純物拡散領域4が露出されるまで前記絶縁層8を蝕刻して開口部6を形成する。次に、前記開口部6の側面、開口部6により露出された前記不純物拡散領域4および前記絶縁層8上にスパッタリング方法によって300～900Å厚さでTiを蒸着してオーミックコンタクト層であるTi層（図示せず）を形成した後、前記Ti層上にスパッタリング方法によって600～2000Å厚さで拡散防止膜であるTiN層10を形成する。

【0016】次に、前記結果物上にスパッタリング方法によってAlを蒸着して開口部6を埋没するAl層12を形成する。

【0017】以上の従来のコンタクト埋没配線構造およびその形成方法において、オーミックコンタクト層であるTi層、拡散防止膜であるTiN層10およびAl層12は主としてスパッタリング方法により形成されるが、既存のスパッタリング方法による蒸着はコンタクトホールのアスペクト比が増えるにつれて、図1および図2に示したようにボイド14を形成するようになり素子の信頼性を低下させる。また、従来の技術によると、Al

層の段差塗布性が不良になり、配線の短絡を誘発させることにより、素子の信頼性を低下させる。

【0018】図4は前記図1～図3の拡散防止膜上にアルミニウムを蒸着する時にアルミニウム膜の初期核生成を説明するために示した図であり、側壁部分に形成されるアルミニウム膜の初期核生成を説明するために障壁部分を詳細に拡大して示した図を含める。

【0019】参照符号10はTiN層、10aはTiNグレन、12はAl層、12aはAlグレンを示す。

【0020】図4を参照して開口部の側壁に形成されるTiN層の性質およびアルミニウム層の表面形態を説明する。

【0021】先ず、開口部の側壁部位に形成されたTiN層の表面は蒸着時にターゲットと通常垂直状態に置かれているので、スパッタされた原子の数が相対的に少なく蒸着される。特に、このような傾向はコーメーション技術を使用した時に著しく現れる。また、TiNは（111）方向へ成長しようとする傾向があるので、図4に示したように柱状のグレンを有する。

【0022】一方、スパッタリング方法やCVD方法で得られるTiN層は通常に非晶質でないので、特にスパッタされた原子の数が相対的に少なく形成される接触口の側壁部分では粗い表面を持つようになる。したがって、粗い拡散防止膜の側壁に形成されるアルミニウム原子の初期蒸着特性が不良になる。言い換えれば、相対的に大きいTiNグレンの周辺ではアルミニウムの核生成が均一に生じることなく図4に示したようにアルミニウムが不均一で不連続的に蒸着される。

【0023】したがって、後続の工程のアルミニウムを蒸着して熱処理しても接触口では前記図4に示したようにボイドが発生する。このような接触口内でのボイドは高い段差を有する接触口ではさらに生じやすくなり、前述したように半導体装置の信頼性を低下させる。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、拡散防止膜の平滑な表面を形成させ高段差の接触口を効果的に埋没できる半導体装置を提供することにある。

【0025】本発明の他の目的は、前記拡散防止膜の表面がグレ境界なく滑らかな半導体装置を製造するのに適合する方法を提供することにある。

【0026】

【課題を達成するための手段】本発明の目的を達成するための本発明は、半導体基板と、前記半導体基板上に形成され、その内部に形成された開口部を含む絶縁層と、前記開口部の両側壁にプラズマ印加により形成された平滑な表面を有する拡散防止膜と、前記拡散防止膜上に形成されている金属層と、を具備することを特徴とする半導体装置である。

【0027】本発明の半導体装置において、前記拡散防止膜は、高融点金属または高融点金属化合物からなるこ

とを特徴とする。

【0028】また本発明の半導体装置において、前記高融点金属はTiであり、高融点金属化合物はTiNであることを特徴とする。

【0029】また本発明の半導体装置において、前記開口部は、前記半導体基板の不純物拡散領域を露出するコンタクトホールまたは前記半導体基板上に形成された下部導電層を露出するファイアホールであることを特徴とする。

【0030】また本発明の半導体装置において、前記金属層は、AlまたはAl合金であることを特徴とする。

【0031】また、上記目的を達成するための本発明は、半導体基板と、前記半導体基板上に形成され、その内部に形成された開口部を含む絶縁層と、前記開口部の両側壁にプラズマ印加により形成された平滑な表面を有する拡散防止膜と、前記拡散防止膜の形成されている前記開口部に埋没された金属層と、を具備することを特徴とする半導体装置。

【0032】また、上記目的を達成するための本発明は、半導体基板上に絶縁層を形成する段階と、前記絶縁層に開口部を形成する段階と、前記絶縁層、前記開口部を通じて露出された基板および前記開口部の側壁に拡散防止膜を形成する段階と、前記開口部の両側壁に形成された拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階と、前記プラズマ印加された拡散防止膜上に金属層を形成する段階と、を具備することを特徴とする半導体装置の形成方法である。

【0033】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記プラズマは、不活性ガスを利用したECRプラズマ、RFプラズマまたはMEプラズマ装置を利用して形成することを特徴とする。

【0034】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記不活性ガスに水素を添加してプラズマ処理効果を増大させることを特徴とする。

【0035】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記金属層をCVD方法で形成することを特徴とする。

【0036】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記拡散防止膜を形成する段階後に熱処理する段階をさらに具備することを特徴とする。

【0037】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記金属層を形成する段階後に熱処理して前記開口部を埋没させる段階をさらに具備することを特徴とする。

【0038】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記開口部を埋没させる段階後に第2の金属層をさらに形成することを特徴とする。

【0039】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記金属層を第1の温度で1次蒸着した後、第2の温度で2次蒸着させることを特徴とする。

【0040】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記第1の温度は前記第2の温度より低いことを特徴とする。

【0041】さらに上記目的を達成するための本発明は、半導体基板上に絶縁層を形成する段階と、前記絶縁層に開口部を形成する段階と、前記絶縁層、前記開口部を通じて露出された基板および前記開口部の側壁に第1拡散防止膜を形成する段階と、前記開口部の両側壁に形成された第1拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階と、前記プラズマ印加された第1拡散防止膜上に第2拡散防止膜を形成する段階と、前記第2拡散防止膜の形成された基板の全面に金属層を形成する段階と、前記金属層を熱処理して前記開口部を埋没する段階と、を具備することを特徴とする半導体装置の形成方法である。

【0042】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記第2拡散防止膜を形成する段階後に連続して真空を破らず前記金属層を形成することを特徴とする。

【0043】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記金属層を形成する段階後に第2の金属層をさらに形成することを特徴とする。

【0044】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記第2拡散防止膜を形成する段階後に熱処理する段階をさらに具備することを特徴とする。

【0045】また本発明の半導体装置の形成方法において、前記第1拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階後に熱処理する段階をさらに具備することを特徴とする。

【0046】さらにまた上記目的を達成するための本発明は、半導体基板上に絶縁層を形成する段階と、前記絶縁層に開口部を形成する段階と、前記絶縁層、前記開口部を通じて露出された基板および前記開口部の側壁に第1拡散防止膜を形成する段階と、前記開口部の両側壁に形成された第1拡散防止膜の表面をプラズマ印加する段階と、前記プラズマ印加された第1拡散防止膜上に第2拡散防止膜を形成する段階と、前記第2拡散防止膜の形成された基板の全面に高温スパッタリングして前記開口部を埋没する段階と、を具備することを特徴とする半導体装置の形成方法である。

【0047】

【作用】上述のように構成された請求項1～20に記載の本発明の半導体装置およびその形成方法は、滑らかな拡散防止膜の側壁に形成される金属層、すなわちアルミニウム層がアルミニウム原子の初期蒸着特性の良さにより、アルミニウム膜の段差塗布性が良好であり、均一で連続的な膜に蒸着される。

【0048】

【実施例】以下、添付した図面に基づき本発明の実施例をさらに詳細に説明する。

【0049】先ず、図5を参照して本発明による半導体装置の構造を説明する。

【0050】図5を参照すれば、半導体基板31にソース／ドレイン領域になる不純物拡散領域33が形成されている。ここで、本発明の説明をより明らかにするために、MOS構造でのゲート領域に対する図示と説明は略することにする。前記不純物はN⁺あるいはP⁺のうちのいずれか1つであり得る。前記不純物拡散領域の左右にはフィールド酸化物がさらに形成されることもできる。ここで、前記半導体基板31に形成された不純物拡散領域33はコンタクトホールやファイアホールのような開口部の下部のシリコン層に上部導電層を埋没する埋没構造を提供しようとする本発明の目的を達成するのに適したシリコン層の例示に過ぎない。一例に、前記半導体基板に形成された不純物拡散領域33は半導体基板上の任意の下部構造物上に形成されたポリシリコン層のような下部導電層（図示せず）に代替されることができ、この時、後述する本発明のコンタクトホール埋没構造に関する実施例は前記下部導電層上に形成されたファイアホールの埋没構造にそのまま適用され得る。

【0051】前記結果物上に前記不純物拡散領域を露出させる開口部（接触口）を有する絶縁層35が形成されている。前記絶縁層35は酸化シリコンのような絶縁物質からなる。前記開口部は半導体基板の不純物拡散領域33を露出するコンタクトホールだけでなく、半導体基板上に形成されたポリシリコン層のような下部導電層を露出するファイアホールであり得る。

【0052】次に、前記開口部の側面、開口部により露出された前記不純物拡散領域33および前記絶縁層35上にTi層（図示せず）を形成した後、前記Ti層上に拡散防止膜であるTiN層37を形成する。次いで、前記結果物上にスパッタリング方法によってAlを蒸着して開口部を埋没する金属層41を形成する。

【0053】図5は開口部の側壁に形成された拡散防止膜および金属層を拡大して金属層の初期核生成を説明するための図を含んでいる。本発明の特徴要素として開口部内部の側壁にグレ境界（grain boundary）のない平滑な拡散防止膜37が形成されている。このように滑らかな拡散防止膜37の側壁に形成されるアルミニウム原子の初期蒸着特性が良好である。言い換えれば、均一なTiNグレまたは平滑なTiNの表面によりアルミニウム膜の核生成が均一に起こり、したがって、アルミニウム膜が従来の技術とは異なって均一で連続的に蒸着されている。

【0054】（実施例1）図6A～図6Dは本発明による半導体装置の配線層形成方法の第1実施例を示す断面図であり、前記図6Bおよび図6Cは開口部の側壁に形成された拡散防止膜の表面を説明するために拡大して示した図を含む。

【0055】図6Aは半導体基板31上に開口部を有する絶縁膜35を形成する段階を示す。

【0056】半導体基板31上に通常のLOCOS方法

によってフィールド酸化膜（図示せず）を形成した後、前記フィールド酸化膜32の間の半導体基板31にN⁺またはP⁺不純物を注入してソース／ドレイン領域を形成するための不純物拡散領域33を形成した。ここで、前記フィールド酸化膜の形成工程は任意的であり、前述したように、前記不純物拡散領域は本発明の目的に応じてポリシリコン層のような任意のシリコン層に代替され得る。

【0057】次に、前記結果物上に通常のCVD法により酸化シリコンSiO₂のような絶縁物質を蒸着して絶縁物質層を形成した。前記絶縁物質層は含燐含硼素ガラス（BPSG）を使用して形成し、約0.8μm～1.6μmの厚さで形成した。次いで、前記絶縁物質層上に開口部の形成のためのフォトレジストパターン（図示せず）を形成し、前記フォトレジストパターンを蝕刻マスクとして前記不純物拡散領域33が露出されるまで前記絶縁物質層を蝕刻して開口部を有する絶縁層35を形成した。

【0058】図6Bは前記開口部の形成された基板の全面に拡散防止膜37を形成する段階を示す。

【0059】絶縁層35の全表面、開口部66の内面および半導体基板61の露出された表面上に拡散防止膜37を形成した。より詳細には、2mTorrのアルゴン雰囲気中でスパッタリング方法によりチタン（Ti）を約200～300Åの厚さで蒸着してTi層を形成したり、アルゴンのガス量（ガス流速）が30～50sccm、窒素のガス量（ガス流速）が50～80sccmの条件下でスパッタリング方法によってチタンナイトライドを約300～500Åの厚さで蒸着して拡散防止膜37を形成した。前記Ti層を蒸着する際の蒸着速度は約500Å/minとする。また、蒸着時に基板の温度はTi蒸着やTiN蒸着の両方とも200℃である。

【0060】特に、前記Ti層やTiN層を蒸着する時にコリメータ技術を使用することもでき、コリメータの大きさは5/8インチ、アスペクト比は1.5対1である。また、開口部の側壁に形成されたTiN層の表面状態は図6Bに示したように、特にスパッタされた原子の数が相対的に少なく形成される接触口の側壁では粗い表面を有するようになる。

【0061】図6CはTiN層37の表面をプラズマ印加する段階を示す。

【0062】前記TiN層37の表面をアルゴンプラズマを利用してプラズマ印加するが、前記プラズマ印加はECRプラズマを利用したりRFプラズマまたはMEプラズマ装置を利用して行う。

【0063】具体的に、前記アルゴンプラズマを利用した蝕刻は側壁に形成されたTiN層とアルゴンイオン（Ar⁺）の衝突またはTiN層でアルゴンイオンの運動量の吸収を通じてTiN層が削られるようになり、表面の滑らかなTiN層39bと滑らかでないTiN層3

9aを形成した。

【0064】先ずECRプラズマを利用してプラズマ印加する方法を説明する。

【0065】ECRプラズマを利用して80watt (約50V)のRFバイアスを印加した状態でTiN層37の表面をプラズマ印加する。より詳細に、ECRプラズマ装置はマイクロウェーブパワー1kw (マグネトロン周波数2.45GHz)、アルゴン圧力5mTorr、基板の温度は常温の条件で工程を遂行した。前記プラズマ印加では基準酸化膜SiO₂が100Å蝕刻される時にTiN層は約30Å蝕刻される。特に、ECRプラズマ装置を使用する場合、基板にバイアスを小さく印加できるという長所があり、水素添加による表面処理効果も増加され得る。

【0066】次に、RFプラズマまたはMEプラズマ装置を利用してプラズマ印加する方法を説明する。前記スパッタリング装置は13.56MHzの周波数、960Vのバイアス電圧、7mTorrのアルゴン雰囲気および基板の温度は200℃の条件下でプラズマ印加を行った。この際、プラズマ印加は酸化膜SiO₂100Åを基準として蝕刻し、また100Å以上に蝕刻してもその効果は同様である。

【0067】その結果、図6Cに示したように、開口部の側壁に形成されたTiNグレの粗い表面がプラズマ印加され滑らかな表面を有するTiN層が形成される。

【0068】図6Dは開口部を埋没する金属層41を形成する段階を示す。

【0069】具体的に、前記開口部の側壁、開口部により露出された前記不純物拡散領域33上にスパッタリング方法によってAlを蒸着して開口部を埋没する金属層41を形成した。この時、前記金属層41の蒸着は蒸着温度200℃、アルゴン圧力4mTorrで遂行して蒸着速度50~150Å/秒に調節した。さらに望ましくは蒸着速度を125Å/秒に調節する。前述したように、平滑なTiN層上に形成されるAl層は均一な核生成がなされるために、蒸着特性および段差被覆特性が向上する。

【0070】一方、より優れた段差被覆性を得るために、前記Al金属層を100℃以下の温度で50~150Å/秒の蒸着速度でアルミニウムを1次蒸着した後、200℃以上の温度で100~150Å/秒の高い蒸着速度で蒸着させることができる。この場合、低温での優れた段差被覆性と高温での原子流動度との向上効果を同時に得ることができる。

【0071】(実施例2)図7A~7Cは本発明による半導体装置の配線層形成方法の第2実施例を示す断面図である。

【0072】第2実施例は金属層を低温で形成し真空熱処理する段階を除いては前記第1実施例と同様である。前記第1実施例と同様の符号は同様の部材を示す。

【0073】先ず、第1実施例の図6A~6Cの段階は同様の手順で施す。

【0074】図7Aは第1金属層43aを形成する段階を示す。具体的に、開口部の側壁、開口部により露出された基板および拡散防止膜上にAlまたはアルミニウム合金(例えば、Al-Si-Cu)からなる第1金属層43aを形成した。前記第1金属層43aはDCマグネトロン装置を利用して200℃以下、望ましくは25℃の温度、真空度5.0E-7Torr以下、望ましくは5.0E-8Torr以下で100Å/秒の蒸着速度で形成した。

【0075】また、前記第1金属層43aを形成する時に、開口部の入口でオーバハング現象を減らすために2mTorr以下の真空度で低压スパッタリングやコーション工程を使用することができる。

【0076】図7Bは前記形成された第1金属層43aを熱処理する段階を示す。

【0077】具体的に、前記開口部に形成された第1金属層43aを前記DCマグネトロン装置の温度を上げたり他の高温のチェインバに移送させ真空熱処理する。前記真空熱処理は前記第1金属層43aを形成させた後、真空ブレーキなく前記アルミニウム合金の溶融点の0.5~0.9の温度、例えば450℃以上の高温で10mTorr以下のアルゴン雰囲気、窒素雰囲気あるいは還元性雰囲気中で2分間加熱することにより、低温スパッタリングされたアルミニウム合金の原子を移動させ、前記図7Bに示したように開口部を埋没するようになり埋没された第1金属層43bを形成した。この際、蒸着時や真空熱処理時の真空度が向上するにつれ熱処理の温度が低くなり得る。

【0078】図7Cは前記埋没された第1金属層43b上に第2金属層47を形成する段階を示す。具体的に、前記埋没された第1金属層43b上に前記第1金属層43aと同様の物質で第2金属層47を形成した。しかしながら、前記第2金属層47の形成は前述したオーバハング現象が少なく発生する場合は前記第1金属層43aを所望の厚さに形成した後、熱処理して開口部を埋没することができるので、前記第2金属層47を形成する段階は不要であり得る。

【0079】(実施例3)図8A~8Cは本発明による半導体装置の配線層形成方法の第3実施例を示す断面図である。

【0080】第3実施例は第1金属層43c、43dを形成する時に、200℃以下の低い温度で金属物質を1次で蒸着した後、400℃以上の高温で2次で蒸着することを除いては前記第2実施例と同様である。前記第2実施例と同様の符号は同様の部材を示す。

【0081】先ず、第1実施例の図6A~6C段階は同様の手順で施す。

【0082】図8Aは第1金属層43c、43dを形成

する段階を示す。

【0083】開口部の側壁、開口部により露出された基板および拡散防止膜上にAl-Si-Cuからなる第1金属層43c、43dを形成した。具体的に、前記第1金属層43c、43dは200℃以下の低い温度で所望の厚さ(総厚さ)の1/2以下を前記1次でAlまたはAl合金(例えばAl-Si-Cu)を蒸着した後、400℃以上の高温、望ましくは450℃の温度で2次でAl-Si-Cuを蒸着して第1金属層43c、43dを形成した。この際、蒸着速度は200℃以下の低温では100Å/秒以下、400℃以上の高温では150Å/秒の速度で行う。

【0084】図8Bは前記形成された第1金属層43c、43dを熱処理する段階を示す。具体的に、前記開口部に形成された第1金属層43c、43dをDCマグネトロン装置の温度を上げたり他の高温のチェインバに基板を移送させ真空熱処理する。このような真空熱処理はアルミニウム膜表面の原子が移動して図8Bに示したように開口部を埋没するようになり、埋没された第1金属層43eを形成した。この際、蒸着時や真空熱処理時の真空度が向上するにつれて熱処理の温度が低くなり得る。

【0085】図8Cは前記埋没された第1金属層43b上に第2金属層49を形成する段階を示す。具体的に、前記埋没された第1金属層43e上に前記第1金属層43c、43dと同様の物質で第2金属層49を形成した。

【0086】前記第2金属層49の形成は、前述したオーバハング現象が少なく発生する場合には前記第1金属層43bを所望の厚さに形成した後、熱処理して開口部を埋没することができるので、前記第2金属層49を形成する段階は不要であり得る。

【0087】(実施例4)第4実施例は前記第3実施例の第2金属層の形成後に再び2次真空熱処理する段階を除いては前記第3実施例と同様である。

【0088】具体的に、前記第3実施例の工程を順に進んだ後、2次真空熱処理を施す。前記2次真空熱処理は前記1次真空熱処理の温度、例えば450℃と同様であったり低い温度で施す。

【0089】(実施例5)図9A~9Cは本発明による半導体装置の配線層形成方法の第5実施例を示す断面図であり、図9Aは開口部の側壁に形成された拡散防止膜の表面を説明するために拡大して示した図を含む。

【0090】第5実施例は第1金属層を形成する前に第2拡散防止膜を形成することを除いては前記第3実施例および第4実施例と同様である。また、第5実施例で前記第4実施例と同様の部材は同様の符号で表す。

【0091】先ず、第1実施例の図6A~6Cの段階は同様の手順で施す。

【0092】図9Aは第2拡散防止膜42および第1金

属層43fを形成する段階を示す。先ず、図6Cの段階後、第1拡散防止膜を450℃の窒素雰囲気中で熱処理して拡散防止膜の耐熱性を向上させる。前記耐熱性の向上は酸素スタッフィング効果と下部に形成されたTi層のシリサイド化に起因する。言い換えれば、TiN層の下部のTiが後に形成されるアルミニウムと反応する場合にAl₃Tiが形成され、約450℃でシリコンと約15%程度の高溶解度を有するAl₃Tiにより接合スパイキング現象を生じやすい。したがって、TiとSiとの反応を誘導してTiSi₂/TiNの状態にすれば拡散防止膜の耐熱性が向上する。また、熱処理後にも開口部の側壁での第1拡散防止膜であるTiNの表面は平滑な状態を維持する。

【0093】次に、開口部の側壁、開口部により露出された基板および第1拡散防止膜上に湿潤性を向上させるためにTiまたはTiNを100~200Åの厚さで沈積させ第2拡散防止膜42を形成した。特に、開口部の側壁の平滑な表面上に形成される第2拡散防止膜42であるTiNは非常に小さくて一定した大きさに形成される。

【0094】次にAlまたはアルミニウム合金、例えばAl-Si-Cuからなる第1金属層43fを形成した。前記第1金属層は開口部の側壁の平滑な表面上に形成されるTiNが非常に小さくて一定した大きさに形成されるために、第1金属層の形成初期の均一な核生成を得ることができ、これにより優れた被覆性を有する。前記第1金属層43fは前記第3実施例および第4実施例と同様に2段階で金属層を形成させることもできる。

【0095】図9Bは前記形成された第1金属層43fを熱処理する段階を示す。

【0096】具体的に、前記開口部に形成された第1金属層43fを真空熱処理する。このような真空熱処理はアルミニウム膜表面の原子が移動して、図9Bに示したように開口部を埋没するようになり、埋没された第1金属層43gを形成した。前記埋没された第1金属層はアルミニウムの蒸着初期の均一な核生成および優れた被覆性を有するようになり、熱処理時の埋没特性が向上して半導体装置の信頼性を向上させることができる。

【0097】また、前記第1金属層の形成後に熱処理による埋没方法以外に400℃以上の高温スパッタリングにより埋没された第1金属層の形成も可能である。

【0098】図9Cは前記埋没された第1金属層43g上に第2金属層51を形成する段階を示す。具体的に、前記埋没された第1金属層43g上に前記第1金属層43gと同様の物質で第2金属層51を形成した。

【0099】前記第2金属層51の形成は、前述したオーバハング現象が少なく発生する場合は前記第1金属層43gを所望の厚さに形成した後、熱処理して開口部を埋没することができるので、前記第2金属層51を形成する段階は不要であり得る。

(実施例6) 図10A~10Cは本発明による半導体装置の配線層形成方法の第6実施例を示す断面図である。

【0100】第6実施例はCVD方法で第1金属層を形成した後、真空熱処理して開口部を埋設したりまたはアルミニウム合金をスパッタリングし真空熱処理して開口部を埋設することを除いては前記第2実施例~第5実施例と同様である。前記第2実施例で同一の符号は同一の部材を示す。

【0101】まず、第1実施例の図6A~6C段階は同様の手順で施す。

【0102】図10Aは第1金属層43hを形成する段階を示す。

【0103】開口部の側壁、開口部により露出された基板および拡散防止膜上に、例えばAlからなる第1金属層43hをCVD方法で形成した。より詳細にはアルミニウムまたはアルミニウム合金の蒸着は公知された通常のCVD方法により遂行することができる。

【0104】例えば、トリイソブチルアルミニウム (Triisobutyl Aluminum、以下TIBAという)、DMAH (Dimethyl Aluminum Hydride: $(\text{CH}_3)_2\text{AlH}$) などのような有機金属化合物をソースとして利用して遂行する。

【0105】TIBAを使用して蒸着する場合、コールドウォール型装置を使用し、TIBAの流入時に気相温度は90℃以下、望ましくは84℃~86℃を維持し、担体ガスとしてはアルゴンのような不活性ガスをバブリングさせて使用する。この時、アルゴンガスの流速は約7リットル/minなのが望ましい。TIBAの熱分解時に蒸着温度は約250℃程度であるが、蒸着速度が早くて望ましくない。蒸着速度は温度が下がれば減少するので、蒸着速度を低めるために、より低い温度で遂行することもできる。前記条件で蒸着速度は約1000Å/minであり、接触口の大きさが0.2μmの場合はTIBAを利用して約1分間アルミニウムを蒸着する。

【0106】また、他の方法として、前記第1金属層43hはDMAHなどのようなアルミニウム水素化物を使用して蒸着させる。この際、前記アルミニウム水素化物の熱分解を防止するために、低温で前記アルミニウム水素化物を保管し、蒸着工程は50℃以上の温度で遂行する。不活性ガスであるアルゴンを利用してソースの気相状態を調節することができ、蒸着速度を落とすためには基板の温度を下げたり、またはソースの量を減少させる。アルミニウム水素化物を利用した蒸着方法は適切なソースを使用すれば蒸着温度を下げるができる。蒸着工程は0.01ないし10Torrの圧力および50~150℃の反応チャンバで遂行する。

【0107】前記CVD方法による第1金属層43hは開口部の側壁に形成された滑らかなTiN表面で形成されるために、図10Aに示したように被覆性よく形成される。図10Bは前記形成された第1金属層43hを

熱処理して開口部を埋設する段階を示す。

【0108】具体的に、前記開口部に形成された第1金属層43hを真空を破らず真空熱処理したり前記形成された第1金属層上にAl合金、例えばAl-Si-Cuをスパッタリングして真空熱処理を施す。このような真空熱処理はアルミニウム膜表面の原子が移動して、図8Bに示したように開口部を埋設するようになり、埋設された第1金属層43iを形成した。この際に、蒸着時や真空熱処理時の真空度が向上するにつれて熱処理の温度が下がり得る。

【0109】一方、前記CVD方法による第2金属層の形成時に開口部の大きさの1/2以上の厚さで蒸着する場合、継ぎ目なく開口部を埋設することができ前記真空熱処理を遂行せず開口部を埋設することができる。もし、継ぎ目が発生しても後の真空熱処理を通じて除去することができる。したがって、前記真空熱処理は選択的である。

【0110】図10Cは前記埋設された第1金属層43i上に第2金属層53を形成する段階を示す。具体的に、前記埋設された第1金属層43i上に前記第1金属層43iと同様の物質でスパッタリングにより第2金属層53を形成した。または、前記埋設された第1金属層43i上に前記第1金属層43iと同様の物質でスパッタリングにより第2金属層53を形成した後に真空熱処理する。

【0111】前記第2金属層53の形成は前述したオーバハング現象が少なく発生する場合は前記第1金属層43hを所望の厚さに形成した後、熱処理して開口部を埋設することができるので、前記第2金属層53を形成する段階は不要であり得る。

【0112】(比較例) 図11および図12は本発明によりプラズマ印加されたTiNの表面と従来技術により蝕刻されていない状態のTiN表面を撮影した写真である。具体的に、図11に示した本発明によるTiNの表面はグレ境界がなく平滑な表面を持っており、図12に示した従来技術によるTiNの表面は粗い状態に観察された。なお、以上の実施例においては、高融点金属としてTiをまた高融点金属化合物としてTiNを用いたものであるが、本発明に用いられる高融点金属としては、例えばMoやWなども可能であり、これらの化合物として、TiNやTiWNなどが用いられてもよい。また本発明は前記実施例に限定されるものではなく、本発明の思想を逸脱しない範囲内において種々の改変をなし得ることはもちろんである。

【0113】

【発明の効果】 以上で説明したように、請求項1~20に記載の本発明によると、滑らかな拡散防止膜の側壁に形成される金属層、すなわちアルミニウム層がアルミニウム原子の初期蒸着特性の良さにより、アルミニウム膜の段差塗布性が良好であり、均一で連続的な膜に蒸着さ

れる。したがって、高段差の接触口をボイドなく効果的に埋没することができ、素子の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来の開口部の埋没配線構造を示す断面図である。

【図2】 従来の開口部の埋没配線構造を示す断面図である。

【図3】 従来の開口部の埋没配線構造を示す断面図である。

【図4】 前記図1～図3の拡散防止膜上にアルミニウムを蒸着する時、アルミニウム膜の初期核生成を説明するために示した図である。

【図5】 本発明による半導体装置の配線層の構造を説明するための図であり、開口部の側壁に金属層の初期核生成を説明するために拡大して示した図を含む図面である。

【図6】 (A)～(D)は本発明による半導体装置の配線層形成方法の第1実施例を示す断面図であり、前記(B)および(C)は開口部の側壁に形成された拡散防止膜の表面を説明するために拡大して示した図を含む図面である。

【図7】 (A)～(C)は本発明による半導体装置の配線層形成方法の第2実施例を示す断面図である。

【図8】 (A)～(C)は本発明による半導体装置の配線層形成方法の第3実施例を示す断面図である。

【図9】 (A)～(C)は本発明による半導体装置の配線層形成方法の第5実施例を示す断面図であり、前記(A)は開口部の側壁に形成された拡散防止膜の表面を説明するために拡大して示した図を含む図面である。

【図10】 (A)～(C)は本発明による半導体装置の配線層形成方法の第6実施例を示す断面図である。

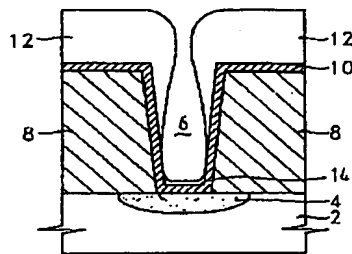
【図11】 本発明によりプラズマ印加されたTiNの表面を撮影した電子顕微鏡写真である。

【図12】 従来技術による、プラズマ印加されていない状態のTiNの表面を撮影した電子顕微鏡写真である。

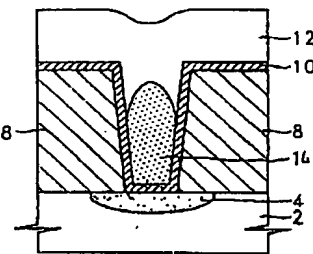
【符号の説明】

- 31 半導体基板
- 33 不純物拡散領域
- 35 絶縁層
- 37 拡散防止膜
- 41 金属層

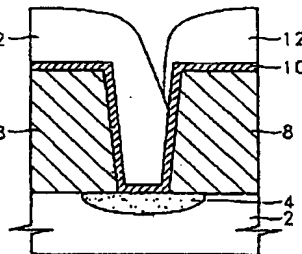
【図1】



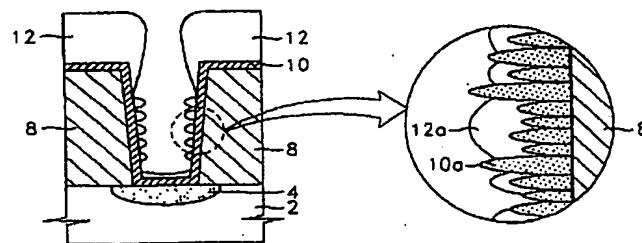
【図2】



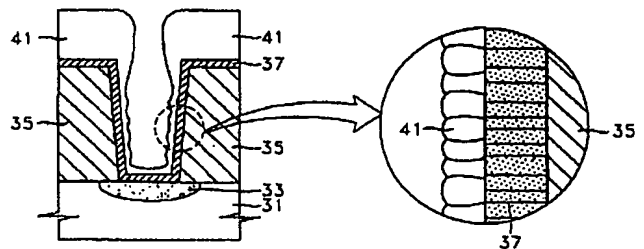
【図3】



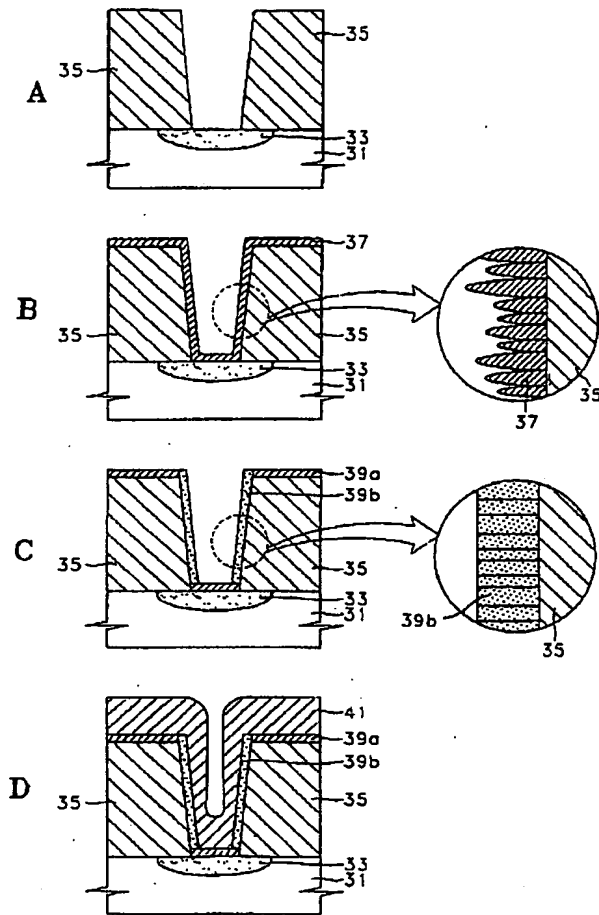
【図4】



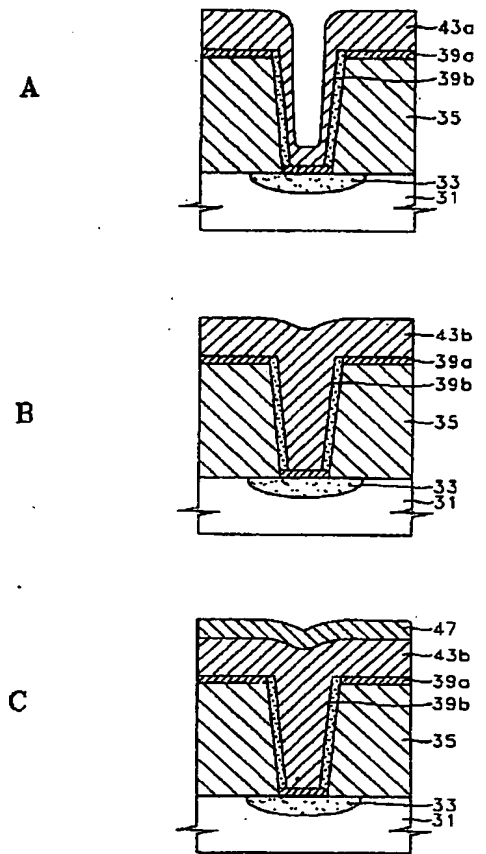
【図5】



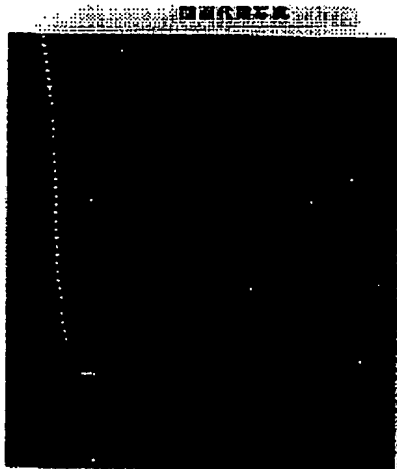
【図6】



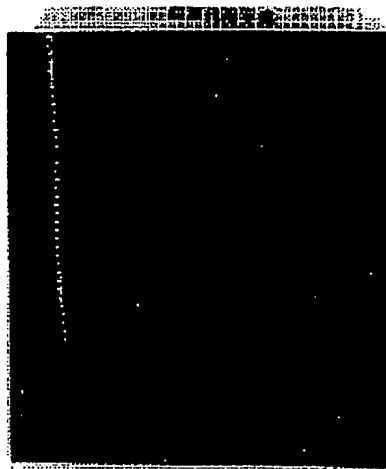
【図7】



【図11】

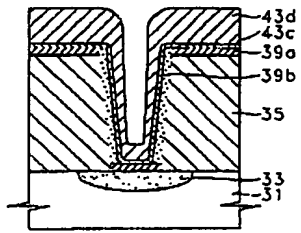


【図12】

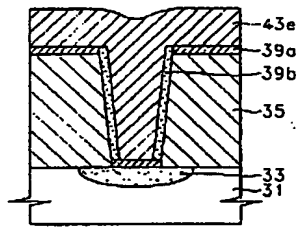


【図8】

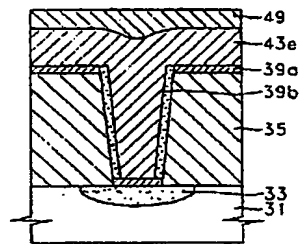
A



B

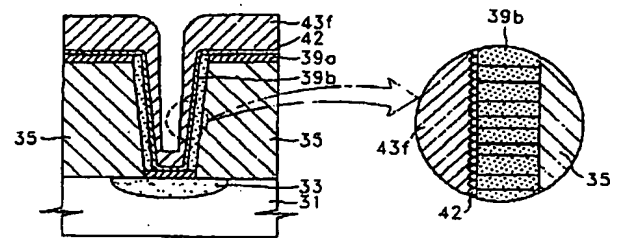


C

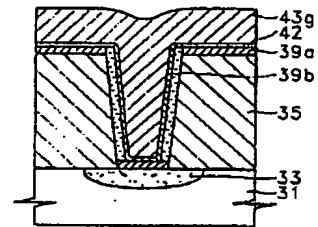


【図9】

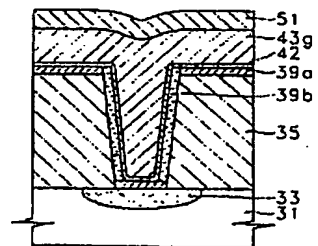
A



B

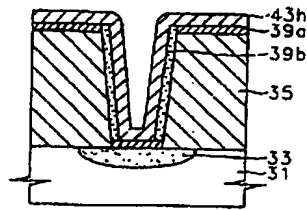


C

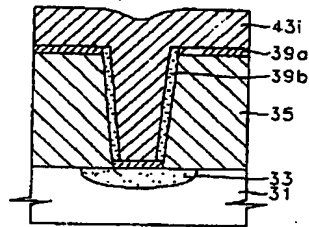


【図10】

A



B



C

